

SEMICONDUCTOR LASER MODULE

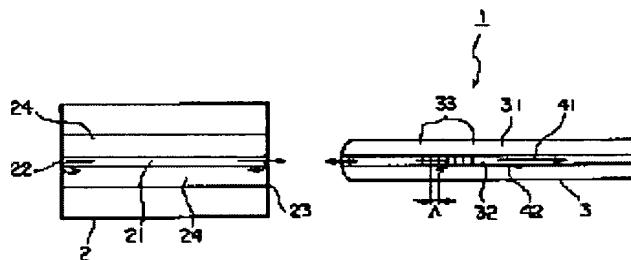
Patent number: JP9283847
Publication date: 1997-10-31
Inventor: SASAKI GORO; HAMAKAWA ATSUSHI
Applicant: SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES
Classification:
 - international: H01S5/14; H01S5/024; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18;
 G02B6/10; G02B6/42
 - european: H01S5/14D
Application number: JP19960085289 19960408
Priority number(s): JP19960085289 19960408

Also published as:

- EP0812040 (A2)
- US5845030 (A1)
- EP0812040 (A3)
- EP0812040 (B1)

[Report a data error here](#)
Abstract of JP9283847

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser module capable of stably controlling the optical output. **SOLUTION:** A semiconductor laser module 1 comprises a semiconductor light emitting 2 having a light reflective plane 22 and a light emitting plane 23 mutually opposed through an active region 21, and an optical fiber 3 which is optically coupled with the light emitting face 23 of the element 2 so as to mutually enable incidence and emission and contains a diffraction lattice 33 for reflecting lights only at a specified wavelength. It generates a light at the active region by the current injection into the light emitting element 2 and reflectively amplifies the light between the reflective plane 22 and the diffraction lattice 33 to output a laser beam. The reflection wavelength bandwidth of the diffraction lattice 33 is set to a value larger than the wavelength spacing of the longitudinal mode of the light resonant between the reflective plane 22 and emitting plane 23 of the light emitting element.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-283847

(43)公開日 平成9年(1997)10月31日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 S 3/18
G 02 B 6/10
6/42

識別記号

府内整理番号

F I

H 01 S 3/18
G 02 B 6/10
6/42

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-85289

(22)出願日 平成8年(1996)4月8日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 佐々木 吾朗

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 濱川 篤志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

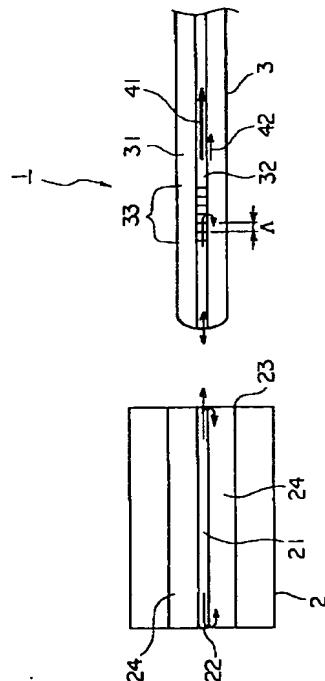
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザモジュール

(57)【要約】

【課題】 光出力を安定して制御可能な半導体レーザモ
ジュールを提供すること。

【解決手段】 活性領域21を挟んで相対向する光反射
面22と光射出面23が形成された半導体発光素子2
と、その半導体発光素子2の光射出面23と相互に光の
入射及び出射を可能に光結合され内部に所定波長の光の
みを反射する回折格子33が形成されている光ファイバ
3とを備え、半導体発光素子2への電流注入により活性
流域に光を生じ、その光を光反射面22と回折格子33
との間で反射増幅させてレーザ光として出力する半導体
レーザモジュール1であって、回折格子33の反射波長
帯域幅が半導体発光素子の光反射面22と光射出面23
間にて共振する光の縦モードの波長間隔より大きく設定
されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性領域を挟んで相対向する光反射面と光射出面が形成された半導体発光素子と、その半導体発光素子の光射出面と相互に光の入射及び出射を可能に光結合され内部に所定波長の光のみを反射する回折格子が形成されている光ファイバとを備え、前記半導体発光素子への電流注入により前記活性流域に光を生じ、その光を前記光反射面と前記回折格子との間で反射増幅させてレーザ光として出力する半導体レーザモジュールであって、前記回折格子の反射帯域幅が前記半導体発光素子の前記光反射面と前記光射出面間にて共振する光の縦モードの波長間隔より大きく設定されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項2】 前記半導体発光素子が $1.48\text{ }\mu\text{m}$ 帯用レーザダイオードチップであると共に、前記回折格子の反射帯域幅が 2 nm 以上であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項3】 前記回折格子の反射帯域幅が $2\text{~}5\text{ nm}$ であることを特徴とする請求項2に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項4】 前記半導体発光素子の前記光射出面が反射率1%以下の反射防止コーティングされていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項5】 前記半導体発光素子を収容するためのパッケージと、そのパッケージの内部に配置され前記半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子と、前記パッケージの側壁に設けられパッケージ内外における光の伝搬を許容するハーメチックガラスと、前記パッケージの外側に取り付けられ前記光ファイバを保持するためのフェルールと、前記半導体発光素子と前記光ファイバとの間の光結合効率を高めるものであって、前記パッケージの内部に設けられ前記半導体発光素子側の光結合を行う第一レンズと、前記パッケージの外部に配設され前記光ファイバ側の光結合を行う第二レンズとによりなるレンズ系と、を備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項6】 前記半導体発光素子を収容するためのパッケージと、そのパッケージの内部に配置され前記半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子と、前記パッケージの側壁に設けられパッケージ内外における光の伝搬を許容するハーメチックガラスと、前記パッケージの外側に取り付けられ前記光ファイバを保持するためのフェルールと、前記半導体発光素子と前記光ファイバとの間の光結合効率を高めるものであって、前記パッケージの内部に配設

され前記半導体発光素子へ向けて光を集束させると共に前記光ファイバへ向けて光を集束させる機能を有する集光レンズと、を備えたことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項7】 前記半導体発光素子を収容するためのパッケージと、

そのパッケージの内部に配置され前記半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子とを備え、前記光ファイバの一端が前記パッケージの側壁を貫通して配設され、前記パッケージの内部に配置された前記半導体発光素子と光結合されていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項8】 前記光ファイバが先端加工されていることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【請求項9】 前記光ファイバのコアの径が端部へ向けて拡大されていることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光を出力する半導体レーザモジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】レーザ光を出力する半導体レーザモジュールとしては、図9に示すように、半導体発光素子Aから所定の間隔をおいて回折格子Bを形成した光ファイバCを配置したものが存在する。この半導体レーザモジュールの半導体発光素子Aは、クラッド層D、Dの間に活性領域Eが形成されており、その活性領域Eの端面には光射出面Fと光反射面Gが設けられている。光射出面Fは光ファイバCと対面しており光の反射率の低い低反射面とされており、光反射面Gはその光射出面Fと対向して形成されており光の反射率の高い高反射面とされている。一方、光ファイバCは、導光路となるコアに高屈折率の領域を所定のピッチで複数形成してなる回折格子Bが設けられ、半導体発光素子Aの光射出面F側に所定の距離離れて配設されている。そして、この半導体レーザモジュールは、半導体発光素子Aへの電流注入により活性領域Eで光を生じ、光反射面Gと回折格子Bの間で反射させ増幅させて、回折格子Bのピッチ幅で決まる単一波長のレーザ光Hを光ファイバCを通じて出力するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した本発明の前提となる半導体レーザモジュールにあっては、次のような問題点がある。すなわち、図9に示すように、半導体発光素子A内で発生した光の一部が光射出面Fで反射され、光射出面Fから完全には射出されず、光反射面Gとの間で往復増幅されて微弱なレーザ光Iとして出力されてしまう。このため、光反射面Gと回折格

子B間の反射増幅により出力される所望のレーザ光Hにおける発振状態が、その余分な微弱レーザ光Iの発振に影響され、図10に示すように注入電流-光出力の特性においてキンク（非直線領域）を生じてしまう。従つて、半導体レーザモジュールにおける光出力を安定して制御することができない。

【0004】そこで本発明は、以上のような問題点を解決するためになされたものであって、光出力を安定して制御可能な半導体レーザモジュールを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、活性領域を挟んで相対向する光反射面と光射出面が形成された半導体発光素子と、その半導体発光素子の光射出面と相互に光の入射及び出射を可能に光結合され内部に所定波長の光のみを反射する回折格子が形成されている光ファイバとを備え、半導体発光素子への電流注入により活性流域に光を生じ、その光を光反射面と回折格子との間で反射増幅させてレーザ光として出力する半導体レーザモジュールであって、回折格子の反射波長帯域幅が半導体発光素子の光反射面と光射出面間にて共振する光の縦モードの波長間隔より大きく設定されていることを特徴とする。

【0006】このような発明によれば、半導体発光素子への注入電流の増加などにより、半導体発光素子の光反射面と光射出面間で共振する光の縦モードの波長が変動したとしても、回折格子の反射特性に基づいて発振するレーザ光の発振状態に対する影響が小さいから、そのレーザ光の注入電流-光出力特性において非直線性（キンク）の発生が防止される。

【0007】また本発明は、半導体発光素子が $1.48\text{ }\mu\text{m}$ 帯用レーザダイオードチップであると共に、回折格子の反射帯域幅が 2 nm 以上とされていることを特徴とする。

【0008】このような発明によれば、半導体発光素子が $1.48\text{ }\mu\text{m}$ 帯用レーザダイオードチップであるため、前述の縦モードの波長間隔は 1 nm 程度となる。このため、回折格子の反射帯域幅が 2 nm 以上とされることにより、レーザ光の発振波長帯域内に複数の縦モードが存在することとなるから、それらの縦モードが波長変動しても、レーザ光の発振状態に与える影響は小さく、そのレーザ光の注入電流-光出力特性において非直線性（キンク）の発生が防止される。

【0009】また本発明は、回折格子の反射帯域幅が $2\sim5\text{ nm}$ とされていることを特徴とする。

【0010】このような発明によれば、前述のようにレーザ光の注入電流-光出力特性においてキンクの発生が防止されると共に、レーザ光のスペクトル帯域を狭いものとすることが可能となる。このため、エルビウム添加ファイバを用いた光増幅器における励起用光源として有

用である。

【0011】また本発明は、半導体発光素子の光射出面が反射率1%以下の反射防止コーティングされていることを特徴とする。

【0012】このような発明によれば、半導体発光素子の光反射面と光射出面との間における光の共振が抑制されるから、レーザ光の注入電流-光出力特性における非直線性（キンク）の発生が効果的に防止されることとなる。

【0013】また本発明は、半導体発光素子を収容するためのパッケージと、そのパッケージの内部に配置された半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子と、パッケージの側壁に設けられパッケージ内外における光の伝搬を許容するハーメチックガラスと、パッケージの外側に取り付けられ光ファイバを保持するためのフェルールと、半導体発光素子と光ファイバとの間の光結合効率を高めるものであってパッケージの内部に設けられ半導体発光素子側の光結合を行う第一レンズと、パッケージ外に配設され光ファイバ側の光結合を行う第二レンズとによりなるレンズ系と、を備えたことを特徴とする。また本発明は、半導体発光素子を収容するためのパッケージと、そのパッケージの内部に配置された半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子と、パッケージの側壁に設けられパッケージ内外における光の伝搬を許容するハーメチックガラスと、パッケージの外側に取り付けられ光ファイバを保持するためのフェルールと、半導体発光素子と光ファイバとの間の光結合効率を高めるものであってパッケージ内に配設され半導体発光素子へ向けて光を集めさせると共に光ファイバへ向けて光を集めさせる機能を有するレンズ系と、を備えたことを特徴とする。また本発明は、半導体発光素子を収容するためのパッケージと、そのパッケージの内部に配置された半導体発光素子の温度制御を行うペルチェ素子とを備え、光ファイバの一端がパッケージを貫通して配設されパッケージの内部に配置された半導体発光素子と光結合されていることを特徴とする。

【0014】これらの発明によれば、既存の半導体レーザモジュールに適用させることが可能となる。

【0015】また本発明は、光ファイバが先球加工されていることを特徴とする。このような発明によれば、半導体発光素子との結合効率が向上することとなる。

【0016】また本発明は、光ファイバのコアの径が端部へ向けて拡大していることを特徴とする。このような発明によれば、光ファイバの位置ズレにより、半導体発光素子との結合効率の低下が防止される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき、本発明に係る種々の実施形態について説明する。なお、各図において同一要素には同一符号を付して説明を省略する。また、図面の寸法比率は説明のものと必ずしも一致して

いない。

【0018】(実施形態1) 図1は半導体レーザモジュール1の概要図である。図1において、半導体レーザモジュール1は、半導体発光素子2と光ファイバ3を備えて構成されている。半導体発光素子2は、光の発生及び増幅を行う活性領域21を有しており、その活性領域21を挟んで相対向する光反射面22、光射出面23が設けられている。この半導体発光素子2は、活性領域21へ電流を注入されることにより光を生じ増幅して、その光を光反射面22で反射して光射出面23から射出するようになっている。半導体発光素子2としては、たとえば、ファブリペロー型のInGaAsP/InPのダブルヘテロ構造のレーザダイオードチップが用いられ、InPからなるクラッド層24、24の間にInGaAsPからなる活性領域21が設けられた構造とされる。また、半導体発光素子2として、たとえば、発振波長が1.48μm帯用のものが用いられる。この場合、半導体レーザモジュール1を光増幅器の励起用光源として利用できる。

【0019】半導体発光素子2における電流の注入手段としては、たとえば、半導体発光素子2に電流注入用の駆動回路(図示なし)を接続したものが採用され、クラッド層24、24を通じて活性領域21へ電流を流せるような構造のものであればよい。このような駆動回路から半導体発光素子2に所定の電流が注入されることでクラッド層24及び活性領域21が励起されて自然放出光を発生し、この自然放出光が誘導放出を引き起こしながら活性領域を伝搬し、誘導放出光とともに光射出面23から射出されることとなる。なお、半導体発光素子2は、前述のInGaAsP/InPのダブルヘテロ構造体のものに限られるものではなく、光を発生し増幅すると共に前述の光反射面22及び光射出面23を有するものであれば、その他の半導体等により形成されたものであってもよい。また、半導体発光素子2は、1.48μm帯用のものに限られるものではなく、その他の波長でレーザ光を発振させるものであってもよい。

【0020】半導体発光素子2の光射出面23は、反射防止コーティング(ARコーティング)されており、光反射率が非常に低いものとされている。この光射出面23の反射防止コーティングとしては、たとえば、誘電体多層膜が用いられる。この誘電体多層膜は、シリカ(SiO₂)、チタニア(TiO₂)、窒化けい素(SiN)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、フッ化マグネシウム(MgF₂)、アモルファスシリコンなどの薄い膜を積層して構成したものであって、その膜の材質の屈折率、厚さ及び層数を適宜変えることにより特定波長における光反射率を任意に設定することが可能である。この光射出面23の反射防止コーティングは、光反射率が1%以下とされていることが望ましい。このような光反射率にすることにより、光射出面23での光の反射が抑

制され、光反射面22との間で光が反射増幅してレーザ光として出力されるのを低減することが可能となる。

【0021】一方、半導体発光素子2の光反射面22は、発振波長における光反射率が非常に高いものとされている。この光反射面22においても、光射出面23と同様に誘電体多層膜により形成することにより高い光反射率とすればよい。なお、光反射面22は結晶へき開面とし蒸着するなどして形成する場合もある。

【0022】図1のように、その半導体発光素子2の光射出面23側には、光ファイバ3が配置され、その光反射面22と相互に光の入射及び出射を可能に光結合されている。すなわち、光射出面23から射出された光が光ファイバ3の端面へ入射され、光ファイバ3から射出された光が光射出面23へ入射されるように、半導体発光素子2の光射出面23側に光ファイバ3が配設されている。この光ファイバ3は、長尺状の導光部材であって、クラッド31の中心位置に沿って高屈折率のコア32が形成されている。そして、このコア32には、特定波長の光を反射するための回折格子34が設けられている。この回折格子34は、半導体発光素子2の光反射面22と共にファブリペロー型の共振器を構成するものであって、光ファイバ3の光軸方向に沿ってコア32の実効屈折率を周期的に変化させて形成されている。その実効屈折率の周期により光の反射波長特性が設定されることとなる。その回折格子34により反射される光の反射波長(プラグ波長)λ_Rは、次の式(1)で表される。

$$[\text{0023}] \lambda_R = 2 \cdot n_1 \cdot \Delta \quad \dots \dots \quad (1)$$

n₁: 回折格子34における最小屈折率

Δ: 回折格子34の周期

また、回折格子34における周期Δの間隔は徐々に変化するよう形成されている。このため、回折格子34の反射波長特性は所定の帯域幅を有している。そして、この回折格子34の反射帯域幅は、半導体発光素子2の光反射面22と光射出面23の間で共振する光の縦モードの波長間隔より大きく設定されている。ここで、回折格子34の反射帯域幅とは、回折格子34を形成した光ファイバ3に光を伝送させたときに、回折格子34で最大に反射される光の波長を中心とし、その最大反射量に対し半減した反射量となる短波長と長波長との間の波長領域をいう。前述のように、回折格子34の反射帯域幅が設定されることにより、半導体レーザモジュール1における注入電流-光出力特性において非直線性(キンク)の発生が防止されることとなる。

【0024】このような回折格子34のキンク発生防止機能について詳説すると、半導体発光素子2の活性領域21で発生した光は、図1のように、半導体発光素子2の光反射面22と光ファイバ3の回折格子34との間で共振することにより回折格子34の特性で決まる所望波長のレーザ光41として出力されるが、活性領域21で発生した光の一部が光射出面23で反射してしまうと、

光反射面22と光射出面23との間で共振して不要なレーザ光42として出力されることとなる。この不要なレーザ光42は、図2に示すように、多数の縦モードを形成して所望のレーザ光41の波長スペクトル41aの発振領域に多数のサブピーク42aを有するサイドローブとなって現れる。このサブピーク42、42間の波長間隔△入は、次の式(2)により与えられる。

【0025】

$$\Delta \lambda = \lambda^2 / (2 \cdot n_2 \cdot L) \quad \dots \dots \quad (2)$$

λ : レーザ光41における波長41a

n_2 : 実効屈折率

L : 光反射面22と光射出面23との距離(共振器長)

そして、これらのサブピーク42aは、注入電流の増加に伴う活性領域21の温度上昇により、長波長側(図2では右側)へズレしていく傾向がある。ここで、レーザ光41のスペクトル41aの帯域幅が図3のように狭いものであると、サブピーク42aが変動してスペクトル41aの波長と重なることにより、所望のレーザ光41の発振状態に大きな影響を及ぼすこととなる。このような不要レーザ光42aの影響により、図10のように、レーザ光41の電流-光出力特性において非直線領域(キンク)を生じると考えられる。

【0026】このような事態を避けるためには、図2に示すように、回折格子33の反射帯域幅を広くすることによりスペクトル41aの帯域幅を広くして、サブピーク42aが変動してもスペクトル41aに与える影響を小さくすることにより可能となる。すなわち、レーザ光41のスペクトル41aの帯域を広げることにより、スペクトル41aの帯域内には常時サブピーク42aが存在することとなり、そのサブピーク42aが波長変動しても、そのサブピーク42aによるスペクトル41aへの影響度は小さいため、レーザ光41の発振状態は安定したものとなる。従って、レーザ光41の注入電流-光出力特性においてキンクの発生が防止できる。

【0027】このような回折格子33の具体的な反射波長帯域幅としては、半導体発光素子が $1.48\mu\text{m}$ 常用レーザダイオードチップである場合、 2nm 以上とするのが望ましい。すなわち、この場合、サブピーク42aの波長間隔△入は、前述の式(2)に入 $\lambda=1.48\mu\text{m}$ 、 $n_2=3.5$ 、 $L=300\mu\text{m}$ の代入により、約 1.0nm となる。このため、回折格子33の反射波長帯域幅を 2nm 以上とすれば、レーザ光41のスペクトル41aの帯域内に必ずサブピーク42aが複数存在することとなる。従って、それらのサブピーク42aが注入電流の増加等により波長変動しても、前述のごとくレーザ光41の発振状態に与える影響は小さく、光出力特性にキンクの発生が回避できる。

【0028】また、このような回折格子33の形成は、干渉露光法を用いることに形成すればよい。すなわち、

光ファイバ3の外側からゲルマニウムが添加されたコア32へ向けてその軸方向へ干渉縞となった紫外光を照射することにより、コア32にその干渉縞の光強度分布に応じた実効屈折率を有する回折格子33が形成されることとなる。なお、この回折格子33は、図1においては光ファイバ3の端部から所定の距離離れて形成されているが、その距離を隔てず光ファイバ3の端部から直に形成されていてもよい。

【0029】次に、前述した半導体レーザモジュール1の具体的な構造について説明する。

【0030】図4において、パッケージ50の内部には半導体発光素子2が収容されており、パッケージ50の外部に取り付けられた光ファイバ3とレンズ系60を介して光結合されている。パッケージ50は内部を密封可能な箱体であって、その内部の床面51にはペルチエ素子52が載置されている。このペルチエ素子52は電圧の印加により熱を発生し、また吸収する機能を有している。このペルチエ素子52上には、L型キャリア53、チップキャリア54、サブマウント55が順次載置され、サブマウント55上に半導体発光素子2が取り付けられている。サブマウント55は半導体発光素子2のヒートシンクとして機能するものであり、チップキャリア54は半導体発光素子2の取り付け作業性を考慮して設けられた部材であり、L型キャリア53は半導体発光素子2の取り付け台となると共にレンズ系60の第一レンズ61の取り付け部材として機能している。また、L型キャリア53、チップキャリア54、サブマウント55は熱伝導性に優れた素材で形成されており、ペルチエ素子52の加熱または冷却により半導体発光素子2の温度制御が効果的に行われるようになっている。また、第一レンズ61は、半導体発光素子2と光ファイバ3との間で往復する光における半導体発光素子2側の結合を行うものである。

【0031】パッケージ50の側壁には、ハーメチックガラス56が取り付けられている。たとえば、前述の第一レンズ61に対面するパッケージ50の側壁部分が開口され、その開口位置にハーメチックガラス56が配設されている。ハーメチックガラス56は、透光性を有するガラス板材であって、このハーメチックガラス56を通じてパッケージ50内外の光の伝搬が可能となっている。また、ハーメチックガラス56が設けられたパッケージ50の側壁の外側部分には、第二レンズ62およびフェルール71が取り付けられている。第二レンズ62は、半導体発光素子2と光ファイバ3との間で往復する光における光ファイバ3側の結合を行うものであって、ハーメチックガラス56を挟んで第一レンズ61と相対向するように配置されている。フェルール71は、光ファイバ3を保持するための部材であって、中心に開設された細径の貫通孔に光ファイバ3が装着できるようになっている。このような構造とされた半導体レーザモジュ

ール1は、パッケージ50内に配された半導体発光素子2とパッケージ50外に配された光ファイバ3が、第一レンズ61、ハーメチックガラス56、第二レンズ62を介して光結合され、その半導体発光素子2と光ファイバ3との間で光を増幅して光ファイバ3を通じて出力することができる。

【0032】次に、半導体レーザモジュール1の作動について説明する。

【0033】図1において、半導体発光素子2のクラッド層24、24間に所定の電圧を印加して、各クラッド層24及び活性領域21へ電流を注入する。すると、クラッド層24と活性領域21が励起されて自然放出光を発する。この自然放出光は、活性領域21内で誘導放出を引き起こして誘導放出光と共に進行して、反射率の高い光反射面22で反射されて反射率の低い光射出面23から射出されていく。しかしながら、その光のうちの一部は光射出面23で反射され、光反射面22との間で共振してしまう場合がある。

【0034】一方、光射出面23から光ファイバ3側へ射出された光は、光ファイバ3のコア32内へ入射されて、コア32に沿って進行し回折格子33で反射される。その際、回折格子33により反射された所定の波長帯域の光のみが半導体発光素子2側へ進行し、光ファイバ3の端面から射出され半導体発光素子2の光射出面23を通じて活性領域21内へ入射される。そして、活性領域21内を進行する光は、再び増幅されながら光反射面22で反射され、その光反射面22と光ファイバ3の回折格子33との間での往復を繰り返し増幅された後、回折格子33を透過して所望のレーザ光41として出力されていく。また、レーザ光41と共に、半導体発光素子2内の光反射面22と光射出面23間で共振する光も増幅されて不要なレーザ光42として出力されていく。その際、回折格子33の反射波長帯域幅がレーザ光42における縦モードの波長間隔より広く設定されているから、レーザ光41の波長スペクトル41aはその縦モードの波長間隔より広い帯域を有するものとなる。

【0035】ここで、半導体発光素子2への注入電流を増加していくと、不要なレーザ光42にあっては、図2に示すように、活性領域21の温度上昇等により縦モードの各サブピーク42aが長波長側へ変動し始める。それに対し、所望のレーザ光41にあっては、光ファイバ3の回折格子33により波長が決定されているから、そのスペクトル41aの波長が注入電流の増減の影響を受けず一定である。このため、レーザ光41のスペクトル41aをレーザ光42のサブピーク42aが通過していくこととなる。

【0036】しかしながら、レーザ光41のスペクトル41aが広い帯域幅を有しているから、注入電流の増加等によりサブピーク42aが変動しても、レーザ光41aが受ける影響は小さくなる。一方、半導体発光素子2

の光射出面23に反射防止コーティングを施して光反射率を減少させることにより、光反射面22と光射出面23における光の共振が低減できる。このため、不要なレーザ光42の出力レベルが低くなるため、そのレーザ光42のサブピーク42aが波長変動しても、レーザ光41aが受ける影響は小さいものとなる。従って、所望のレーザ光41の発振状態が安定したものとなり、レーザ光41の発振において注入電流-出力特性において非直線領域(キンク)が発生することがない。

【0037】ここで、半導体レーザモジュール1を実際に作動させたときの注入電流-出力特性を図5に示す。図5において、注入電流を徐々に増加させても光出力に非直線領域(キンク)が発生せず、安定した光出力特性が得られた。このときの半導体レーザモジュール1は、半導体発光素子2として1.48μm帯用のものを用い、回折格子33の反射波長帯域幅を2nmとし、光射出面23に光反射率0.1%の反射防止コーティングを施したものである。

【0038】一方、本発明の前提となる半導体レーザモジュールを作動させたときの注入電流-出力特性は、前述したように図10に示すとおりである。この半導体レーザモジュールは、半導体発光素子として1.48μm帯用のものを用い、回折格子33の反射波長帯域幅を0.5nmとし、光射出面23に光反射率1.7%の反射防止コーティングを施したものである。また、その半導体レーザモジュールにおいて、回折格子33の反射波長帯域幅を2nmに広げた場合には、図11に示すような注入電流-出力特性となった。すなわち、光射出面23の光反射率が依然1.7%と高いために半導体発光素子2と回折格子33の間で複合共振器が形成されており、反射波長帯域幅を広げた効果が損われ、注入電流-光出力特性において緩やかなうねり状のキンクを生じている。

【0039】(実施形態2) 前述の半導体レーザモジュール1において、具体的な実装構造としてレンズ系60の第一レンズ61および第二レンズ62が一つのレンズで構成されていてもよい。たとえば、図6に示すように、集光レンズ63をL型キャリア53に取り付けて、半導体発光素子2から発せられる光の出射位置に配置することにより、半導体発光素子2と光ファイバ3の光結合を行うことが可能となる。

【0040】(実施形態3) 前述の半導体レーザモジュール1において、具体的な実装構造として、半導体発光素子2と光ファイバ3を光結合するレンズ系60、集光レンズ63を配設せず、また、ハーメチックガラス56を設けることなく、パッケージ50内へその側壁を貫通させて光ファイバ3を挿入させて半導体発光素子2と直接に光結合させてもよい。

【0041】(実施形態4) 前述の半導体レーザモジュール1において、回折格子33の反射波長帯域幅を2~

5 nmに設定する場合もある。すなわち、回折格子33の反射波長帯域幅を2 nm以上とすることは実施形態1で述べたとおりであるが、反射波長帯域幅を5 nm以下に制限することにより、半導体レーザモジュール1を光増幅器における励起用光源として有効に利用できる。たとえば、半導体レーザモジュール1における反射波長帯域幅が2 nm以上とされることにより、光出力が安定して制御できるため励起用光源として必要条件を満たしており、かつ、反射波長帯域幅が5 nm以下とされることにより発振されるレーザ光のスペクトル帯域幅が8 nm程度となり、エルビウム添加ファイバの励起に適した狭いスペクトルとなる。このため、光増幅器の励起用光源として有用なものとなる。

【0042】(実施形態5)前述の半導体レーザモジュール1において、光ファイバ3が先球加工されていてもよい。たとえば、図7に示すように、半導体発光素子2側の光ファイバ3の先端が先球加工されることにより、半導体発光素子2との光結合効率の向上が図れる。

【0043】(実施形態6)前述の半導体レーザモジュール1において、光ファイバ3のコア32の径が端部に向けて拡大されていてもよい。たとえば、図8に示すように、半導体発光素子2側の光ファイバ3の端部において、コア32に拡径部32aが形成されることにより、光ファイバ3の配置ズレを生じても半導体発光素子2との結合効率の低下が防止できる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。回折格子の反射波長帯域幅が半導体発光素子の光反射面と光射出面間にて共振する光の縦モードの波長間隔より大きく設定されることにより、レーザ光の発振における注入電流-光出力特性において非直線性(キンク)の発生が防止でき、安定してレーザ光の出力を制御することができる。

【0045】また、半導体発光素子が1.48 μm帯用レーザダイオードチップであると共に、回折格子の反射帯域幅が2 nm以上とされることにより、その半導体発光素子におけるレーザ光の発振において、注入電流-光出力特性において非直線領域(キンク)の発生が確実に防止できる。

【0046】また、回折格子の反射帯域幅が2~5 nmとされることにより、注入電流-光出力特性においてキンクの発生が防止できると共に、レーザ光のスペクトル帯域を狭いものとすることができます。このため、エルビ

ウム添加ファイバを用いた光増幅における励起用光源として有用なものとなる。

【0047】また、半導体発光素子の光射出面が反射率1%以下の反射防止コーティングされることにより、半導体発光素子の光反射面と光射出面との間における光の共振が抑制される。このため、レーザ光の注入電流-光出力特性における非直線領域(キンク)の発生が効果的に防止できる。

【0048】また、光ファイバが先球加工されることにより、半導体発光素子との結合効率の向上が図れる。このため、レーザ光の最大出力特性が向上する。

【0049】また、光ファイバのコアの径が端部へ向けて拡大されることにより、光ファイバの位置ズレにより半導体発光素子との結合効率の低下が防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体レーザモジュールの概要図である。

【図2】半導体レーザモジュールにより出力されるレーザ光のスペクトルを示す図である。

【図3】本発明の前提となる半導体レーザモジュールにより出力されるレーザ光のスペクトルを示す図である。

【図4】半導体レーザモジュールの構造の説明図である。

【図5】半導体レーザモジュールにおけるレーザ光の注入電流-光出力特性を示す図である。

【図6】半導体レーザモジュールの構造の説明図である。

【図7】実施形態5に係る半導体レーザモジュールの説明図である。

【図8】実施形態6に係る半導体レーザモジュールの説明図である。

【図9】本発明の前提となる半導体レーザモジュールの概要図である。

【図10】本発明の前提となる半導体レーザモジュールにおけるレーザ光の出力特性を示す図である。

【図11】本発明の前提となる半導体レーザモジュールにおけるレーザ光の出力特性を示す図である。

【符号の説明】

1…半導体レーザモジュール、2…半導体発光素子、2

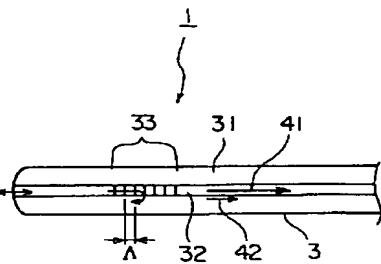
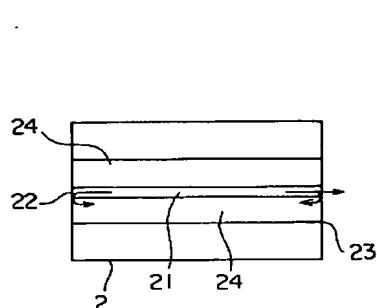
1…活性領域

2 2…光反射面、2 3…光射出面、3…光ファイバ、3

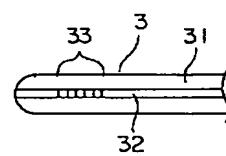
1…クラッド

3 2…コア、3 3…回折格子

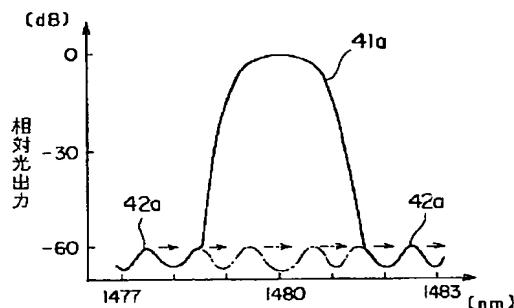
【図1】



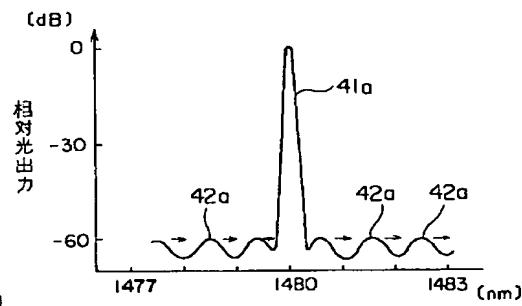
【図7】



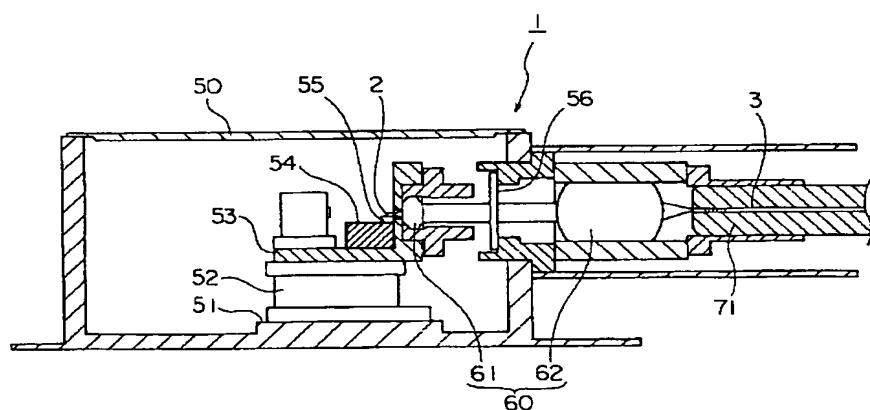
【図2】



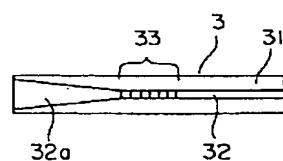
【図3】



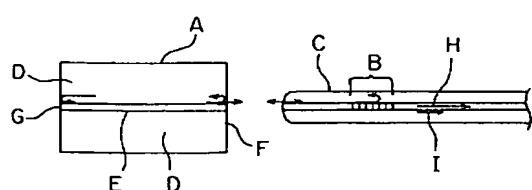
【図4】



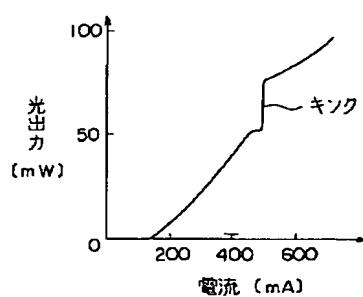
【図8】



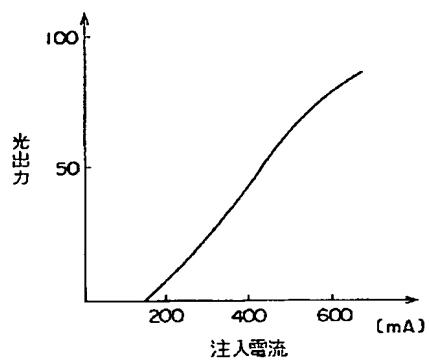
【図9】



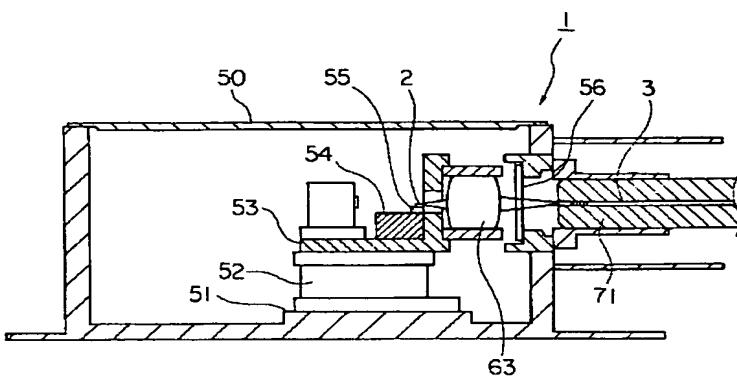
【図10】



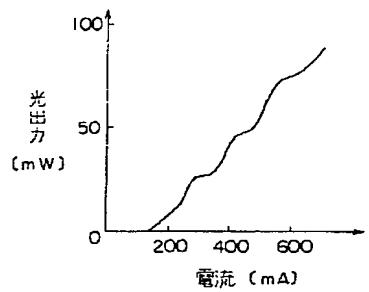
【図5】



【図6】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.